



REC'D 28 MAR 2004

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 29 402.3
Anmeldetag: 28. Juni 2003
Anmelder/Inhaber: Witzig & Frank GmbH,
77652 Offenburg/DE
Bezeichnung: Werkzeugmaschine
IPC: B 23 Q 1/70

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 26. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Klostermann

Werkzeugmaschine

Beschreibung:

Die Erfindung bezieht sich auf eine Werkzeugmaschine zur insbesondere
5 synchronen, spanenden Bearbeitung von Werkstücken mit zwei oder mehreren
Spindeleinheiten gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei der mehrspindeligen, synchronen Bearbeitung von Werkstücken z.B. mit
10 einem Doppelspindel-Bearbeitungsmodul kann es durch unterschiedliche Effekte,
insbesondere auf Grund von Wärmedehnungen, zur Veränderung der Abstände
zwischen den Bearbeitungsspindeln kommen. Diese Veränderungen können
teilweise erheblich die Genauigkeit der Werkstückbearbeitung beeinträchtigen,
sodass die erforderliche Genauigkeit während der Bearbeitung nicht mehr
prozesssicher gewährleistet werden kann.

15 Gegenüber den synchron arbeitenden Maschinen wurden daher Maschinen mit
getrennten Antrieben in ein oder mehreren Achsen der Bearbeitungseinheiten
ausgeführt. Derartige Maschinen haben z.B. die Konzeption einer getrennten z-
Achse oder einer getrennten y- und z-Achse. Damit ist es möglich, die
20 Prozesssicherheit bei den kritischen Bearbeitungsfällen hinsichtlich der
Werkzeuglängen zu gewährleisten. Eine Positionskompensation hinsichtlich des
Abstandes in der Ebene normal zur Spindelachse ist damit jedoch nicht möglich.
Eine weitere Möglichkeit, die Genauigkeit zu verbessern, ist die Bearbeitung mit
jeweils nur einem Werkzeug bei genauen Bearbeitungsoperationen. Dadurch wird
25 jedoch die Taktzeit der Bearbeitung jeweils recht deutlich erhöht. Teilweise werden
die getrennten Spindeln auch nur für die Reduzierung der Nebenzeiten eingesetzt.
Dabei werden in der einen Spindel die Werkzeuge gewechselt, während die
andere Spindel eine Bearbeitung ausführt. Dieses Prinzip ist bei kurzen
Eingriffszeiten, bei denen die Bearbeitungsoperationen ähnlich lange dauern wie
30 der Werkzeugwechsel, zwar eine Möglichkeit zur Reduzierung der Gesamtzeit,
jedoch ist der maschinenseitige Aufwand gegenüber dem Nutzen relativ hoch.

Aus der EP 885 088 B1 ist zwar eine Verstellung einer Arbeitsspindel relativ zu
einer anderen fest im Gehäuse angeordneten Spindel bekannt, hierfür ist die

Spindel aber in einem eigenen U-förmigen Schlitten mit aufwendigen Verstelleinrichtungen (Getriebe, Kugelrollspindel und Riemenantrieb) angeordnet. Diese Verstellung ist insbesondere zur Anpassung an verschiedene Werkstücke, also für sehr große Verstellwege vorgesehen.

5

Aus dem Bereich von Drehmaschinen ist ebenfalls eine Verstellung des Abstandes zweier parallel angeordneter Spindeleinheiten über eine aufwendige Kugelrollspindel für große Verstellwege bekannt (JP 62 138 515 U).

10 Aus der DE 198 59 360 A1 ist eine Werkzeugmaschine mit piezoelektrischer Positionskorrekturereinrichtung bekannt, wobei zwei Arbeitsspindeln parallel zueinander in einer Bearbeitungseinheit angeordnet sind und zur Verstellung des Abstandes der beiden Spindeln mindestens ein elektrisch angesteuertes piezoelektrisches Stellelement vorgesehen ist. Das Stellelement wirkt dabei auf
15 das Gehäuse der Bearbeitungseinheit und kann die beiden Arme, an denen die Spindeln befestigt sind, geringfügig auseinander biegen. Der Stellweg der Piezoelemente ist in Bezug auf den vorhandenen Bauraum sehr begrenzt. Weiterhin ist auch die Tauglichkeit für den Einsatz dieser Elemente in Produktionsmaschinen kritisch.

20

Bei der mehrspindligen Bearbeitung ist weiterhin auch der axiale Längenausgleich der Werkzeuge (z-Richtung) zu beachten. Bei der Montage der Werkzeuge können diese in axialer Richtung nur mit einer bestimmten Genauigkeit justiert werden, wobei üblicherweise die Position mit Hilfe eines Werkzeugvoreinstellungsgerätes
25 gemessen wird und die ermittelten Werte mit einer Kompensation in begrenztem Bereich ausgeglichen werden können. Ein Ausgleich unterschiedlicher Längen der Werkzeuge ist hierbei auch nur begrenzt möglich. Bisher lassen sich diese Unterschiede nur durch die Nutzung zweier unabhängiger z-Achsen realisieren.

30 Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, für eine gattungsgemäße Werkzeugmaschine eine geeignete Verstelleinrichtung vorzuschlagen, bei der insbesondere die geschilderten Probleme nicht bestehen und insbesondere eine automatische Justage der Position der Spindeleinheiten in x- und/oder y-Richtung ermöglicht wird.

5 Zur Lösung dieser Aufgabe ist vorgesehen, dass die Verstelleinrichtung für mindestens eine der Spindeleinheiten zumindest in einer x- und/oder y-Richtung aus einer um eine zentrale Achse drehbaren und arretierbaren Exzenterbüchse besteht, in der die Spindeleinheiten achsparallel zur zentralen Achse exzentrisch gelagert sind

In den Unteransprüchen 2 bis 8 sind sinnvolle Ausführungsformen für diese Verstelleinrichtung beschrieben.

10 Erfindungsgemäß können die beiden achsparallel zueinander, horizontal oder vertikal angeordneten Spindeleinheiten unabhängig voneinander in x- bzw. y-Richtung auf einfache Weise verstellt werden, indem die Exzenterbüchsen, in denen Sie exzentrisch gelagert sind, um einen definierbaren Winkel gedreht werden. Hierfür wird zunächst die Verdrehsicherung bzw. Klemmung der
15 Exzenterbüchsen innerhalb der ortsfesten Konsole gelöst, damit die Exzenterbüchsen gedreht bzw. eine der Exzenterbüchsen in Achsrichtung verschoben werden können bzw. kann. Während der Bearbeitung sind sie dann fest in der Konsole arretiert bzw. geklemmt. Die Klemmung der Spindeleinheiten während der Bearbeitung erfolgt mit einem Klemmring so wie z.B. auch eine
20 Riemenscheibe auf einer Welle befestigt wird. Damit lassen sich auf sehr begrenztem Bauraum hohe Klemmkräfte erzeugen und die Spindel wird auch bei schweren Bearbeitungen sicher in Position gehalten.

25 Die Verstelleinrichtungen können insbesondere unabhängig voneinander angesteuert und betätigt werden. Zur Verstellung der Exzenterbüchsen in x- und y-Richtung greifen die Verstelleinrichtungen tangential außen an den Exzenterbüchsen an, wobei sie mechanisch, elektrisch oder hydraulisch angetrieben werden können. Zur Umsetzung der linearen Antriebsbewegung in die erforderliche Drehbewegung der Exzenterbüchsen besitzen die
30 Verstelleinrichtungen in Nuten befindliche formschlüssige Übertragungsglieder, wobei vorzugsweise an den Exzenterbüchsen achsparallel zur Spindelachse Haltebolzen angeordnet sind, an denen Nutblöcke angreifen, die von Verstellzylindern betätigt werden. Bei der Erfindung werden für die Verstellung selber also konventionelle hydraulische oder mechanische Achsen verwendet. Die

Bewegung der Stellelemente wird durch die exzentrischen Büchsen noch einmal untersetzt, wodurch eine sehr feinfühligte Verstellbewegung ausgeführt werden kann.

- 5 Die Bewegung der Verstelleinrichtungen, insbesondere der an den Verstellzylindern angeordneten Nutblöcke bzw. der Haltebolzen am äußeren Umfang der Exzenterbüchsen wird durch ein automatisches Messsystem erfasst. Der Verstellweg in x- und y-Richtung liegt im Bereich von mehreren zehntel Millimetern, vorzugsweise von 0,1 bis 0,5 mm und in z-Richtung im Bereich von 10 0,8 bis 5 mm, wobei die Verstellung mit einer Genauigkeit von $< 1 \mu\text{m}$ regelbar ist. Gegenüber den bisher bekannten, auf piezoelektrischen Aktoren basierenden Stellelementen, ist damit die Korrektur in wesentlich größeren Bereichen möglich.

- 15 Die Verstellbewegung in z-Richtung kann insbesondere durch eine linear betätigbare Betätigungsleiste erfolgen, die über einen auf dem Spindelgehäuse angeordneten Ring die Spindeleinheit in axialer Richtung bewegt.

- Die Erfindung wird anhand der beigefügten Figuren 1 bis 3 beispielsweise näher erläutert. Es zeigen

20

Fig. 1 eine prinzipielle Anordnung von zwei achsparallel nebeneinander angeordneten Spindeleinheiten 2,3 zur Wirkungsweise der in der x-y-Ebene normal zu den Spindelachsen B1 und B2 liegenden Exzenterbüchsen 5, 6,

25

Fig. 2 in der Draufsicht die beiden nebeneinander angeordneten Spindeleinheiten 2, 3 mit dem dazwischen liegenden Stellblock 9, an dem die Verstelleinrichtungen Vx, Vy und Vz für die Verstellung in x-, y- und z-Richtung angeordnet sind und

30

Fig. 3 eine perspektivische Darstellung einer Spindeleinheit 3, des Stellblockes 9 und des zugehörigen Ventilblockes 4.

Wie in Fig. 1 schematisch dargestellt ist, sind die beiden parallel nebeneinander angeordneten Spindeleinheiten 2 und 3 jeweils exzentrisch in einer Exzenterbüchse 5, 6 fest angeordnet. Die Exzenterbüchsen 5, 6 sind in der Konsole 1 der Werkzeugmaschine jeweils um die Drehachsen B1 und B2 um die Winkel α_1 und α_2 drehbar gelagert. Die Drehachse S1 der Spindeleinheit 2 besitzt in der Grundstellung in y-Richtung die Exzentrizität e1 gegenüber der Drehachse B1 der Exzenterbüchse 5, während die Drehachse S2 der Spindeleinheit 3 in x-Richtung die Exzentrizität e2 gegenüber der Drehachse B2 der Exzenterbüchse 6 besitzt. Durch die Verdrehung z.B. der Exzenterbüchse 5 innerhalb der Konsole 1 um die Drehachse B1 um den Winkel α_1 um wenige Winkelgrade wird die Spindeleinheit 2 insbesondere in der x-Richtung verstellt. In gleicher Weise wird durch die Drehung der Exzenterbüchse 6 die darin fest angeordnete Spindeleinheit 3 in y-Richtung verstellt. Die Spindeleinheit 2 wird bei der Drehung um die Drehachse B1 zwar auch gleichzeitig in y-Richtung bzw. die Spindeleinheit 3 bei der Drehung um die Drehachse B2 auch gleichzeitig in x-Richtung verstellt, bei den hier vorgesehenen Winkeln von vorzugsweise nur einigen Winkelgraden ist diese gleichzeitige Verstellung als sogenannter Fehler zweiter Ordnung aber vernachlässigbar klein.

In den Figuren 2 und 3 sind die Spindeleinheiten 2, 3 mit ihren üblichen Konstruktionsdetails dargestellt, wobei nur die für den Erfindungsgegenstand wichtigen Elemente mit Bezugszeichen versehen sind. Die Exzenterbüchsen 5, 6 mit den darin fest angeordneten Spindeleinheiten 2, 3 werden mit Hilfe von zwei an sich bekannten Klemmrings 8 mit der Konsole 1 gegen Verdrehung und axiale Verschiebung gesichert. Die Klemmung geschieht hydromechanisch. Für die jeweilige Verstellung wird die Klemmung gelöst. Die Verstelleinrichtungen Vx, Vy und Vz sind jeweils auf einem einzigen Verstellblock 9 angeordnet, wobei jeder Verstelleinrichtung ein eigener Verstellzylinder 12 zugeordnet ist, der über entsprechende Hydraulikleitungen 7 mit einem Ventilblock 4 verbunden ist. In Fig. 3 ist beispielhaft nur der Verstellzylinder 12 für die Verstelleinrichtung Vx dargestellt. Am Ende des Kolbens des Verstellzylinders 12 ist dabei ein Nutblock 11 angeordnet, der an einem an der Exzenterbüchse 5 außen angebrachten Haltebolzen 10 angreift. Auf diese Weise wird die lineare Bewegung des Verstellzylinders 12 in die Drehbewegung der Exzenterbüchse 5 umgewandelt. Auf

der der Spindeleinheit 3 zugewandten Seite des Stellblockes 5 ist der in den Figuren nicht dargestellte Verstellzylinder der Verstelleinrichtung Vy angeordnet. Außerdem ist auch der entsprechende Verstellzylinder für die Verstelleinrichtung Vz nicht extra dargestellt. Von der Verstelleinrichtung Vz ist lediglich die

5 Betätigungsleiste 13 ersichtlich, die eine Nut für den auf der Spindeleinheit 2 angeordneten Ring 14 besitzt. Die Verstellung erfolgt jeweils spielfrei.

Bei der Konstruktion der Maschine wurden alle Verstelleinrichtungen Vx, Vy und Vz als komplette NC-Achsen mit jeweils einem eigenen Messsystem 15 ausgebildet,

10 um die direkte Messung der Position einer Spindeleinheit 2, 3 mit hoher Positionsauflösung zu ermöglichen. Für die Steuerung der Bewegung der hydraulischen Verstellzylinder 12 werden übliche Reglerbaugruppen verwendet. Dabei ist eine direkte Verknüpfung der Korrekturbewegungen mit jedem einzelnen Werkzeug möglich. Die Verstellung der Korrektureinrichtungen geht nicht in die

15 Nebenzeit der Maschine ein. Diese wird parallel mit anderen Stellbewegungen während des Werkzeugwechsels durchgeführt. Insbesondere bei der Längenkorrektur der Werkzeuge ist eine Hinterlegung der Korrekturwerte im NC-Programm möglich. Dadurch wird mit dem Aufruf des jeweiligen Werkzeuges der entsprechende Längenkorrekturwert berücksichtigt.

20 Zur Erfassung der Ist-Positionen der beiden Spindeln zueinander können die gefertigten Werkstücke off-line vermessen werden oder die Positionen der Spindeln durch in den Spindeln aufgenommene Messtaster an Referenzpunkten erfasst werden. Durch die Verteilung der Korrektur auf beide

25 Bearbeitungsspindeln ergeben sich äquivalente mechanische Eigenschaften der beiden Spindeln hinsichtlich der Steifigkeit. Weiterhin wird dadurch erreicht, dass die gesamte Einheit in einem minimalen Bauvolumen untergebracht werden kann.

Bei der Konstruktion der Erfindung wurde gegenüber bisher bekannten Prinzipien

30 darauf geachtet, dass die Verstelleinheit für die Justage der Spindeln ohne großen Aufwand auch nachträglich in eine Maschine eingebaut werden kann. Damit sind die Eigenschaften der Maschine nicht von der Integration der Einheit abhängig. Bei bekannten Mechanismen lagen die Stellelemente direkt im Kraftfluss der Maschine und beeinflussten dadurch das Nachgiebigkeitsverhalten der Maschine.

13998
27.06.03/bk

- 7 -

Erfindungsgemäß sind die verwendeten Bauelemente in einem gut geschützten Raum untergebracht.

Bezugszeichenliste:

	1	Konsole
	2	Spindeleinheit (in 5)
	3	Spindeleinheit (in 6)
5	4	Ventilblock
	5	Exzenterbüchse (mit exzentrisch darin gelagerter 2)
	6	Exzenterbüchse (mit exzentrisch darin gelagerter 3)
	7	Hydraulikleitungen
	8	Klemmring (für Klemmung von 5, 6 an 1)
10	9	Stellblock (für die Kompensation in x-, y-, z-Richtung)
	10	Haltebolzen (an 5 für 11)
	11	Nutblock (an Vx für 10)
	12	Verstellzylinder (an Vx)
	13	Betätigungsleiste (von Vz)
15	14	Ring (an 2 für 13)
	15	Messsystem (an Vx)
	S1	Drehachse von 2
	S2	Drehachse von 3
20	B1	Drehachse von 5
	B2	Drehachse von 6
	Vx	Verstelleinrichtung (für Verstellung in x-Richtung)
25	Vy	Verstelleinrichtung (für Verstellung in y-Richtung)
	Vz	Verstelleinrichtung (für axiale Verstellung in z-Richtung)
	$\alpha 1$	Winkel um S1
	$\alpha 2$	Winkel um S2
30	e1	Exzentrizität zwischen S1 und B1 in y-Richtung
	e2	Exzentrizität zwischen S2 und B2 in x-Richtung

Patentansprüche:

1. Werkzeugmaschine zur insbesondere synchronen, spanenden Bearbeitung von Werkstücken mit
 - zwei oder mehreren, parallel nebeneinander in einer Bearbeitungseinheit angeordneten Spindeleinheiten (2, 3) zur Aufnahme von Werkzeugen und
 - Verstelleinrichtungen (Vx, Vy, Vz) zur Feineinstellung der Position der Spindeleinheiten (2, 3) zueinander, vorzugsweise in allen drei Richtungen x, y und z des rechtwinkligen Koordinatensystems innerhalb der Bearbeitungseinheit (4), **dadurch gekennzeichnet**, dass

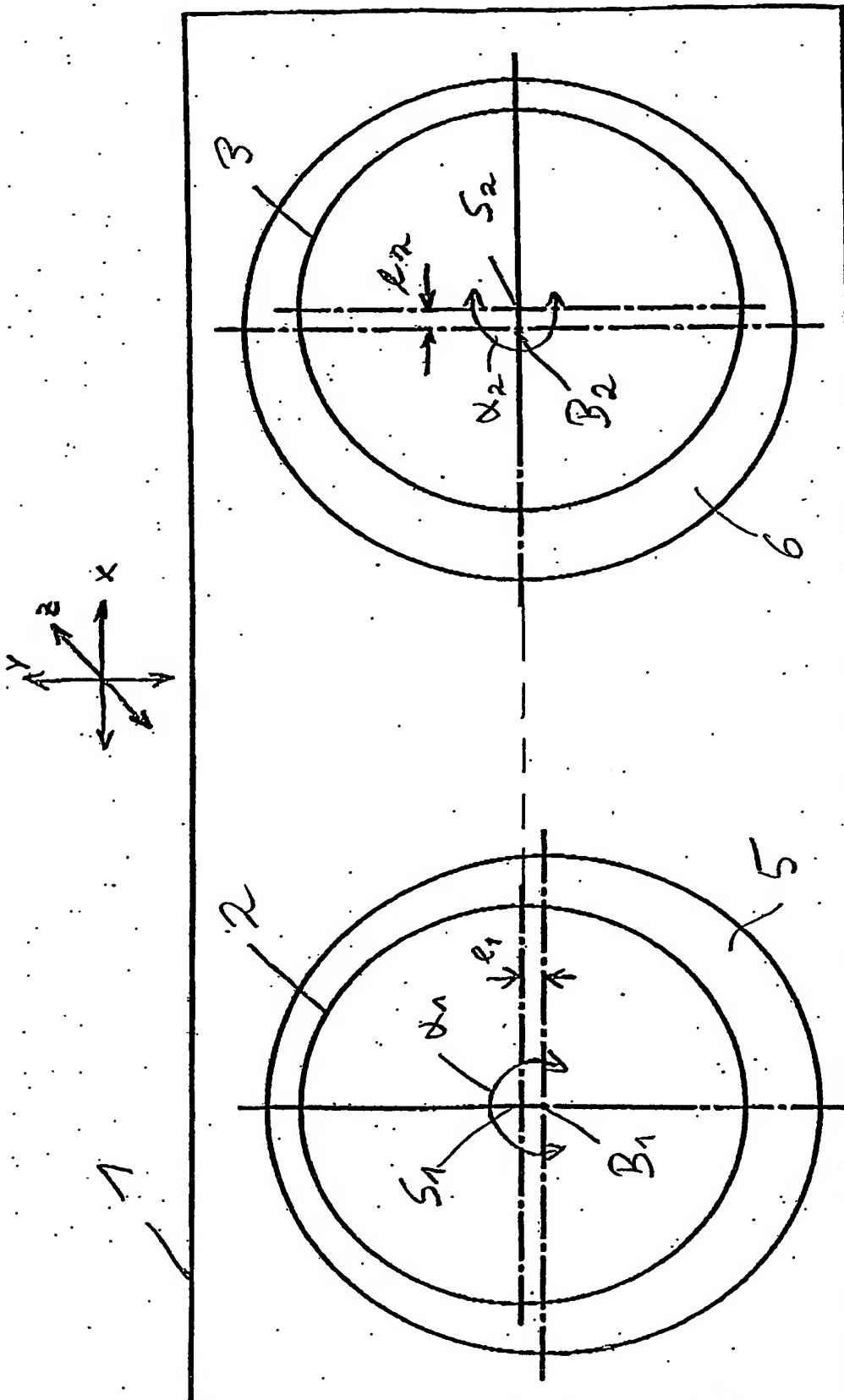
die Verstelleinrichtungen (Vx, Vy) für mindestens eine der Spindeleinheiten (2, 3) zumindest in einer x- und/oder y-Richtung aus einer um eine zentrale Achse (B1, B2) drehbaren und arretierbaren Exzenterbüchse (5, 6) besteht, in der die Spindeleinheiten (2, 3) achsparallel zur zentralen Achse (B1, B2) exzentrisch gelagert sind.
2. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstelleinrichtungen (Vx, Vy, Vz) unabhängig voneinander ansteuerbar sind und die Verstellung in der Bearbeitungsebene (x, y) jeweils durch Drehung der Exzenterbüchsen (5, 6) erfolgt und bei einer der beiden Spindeleinheiten (2, 3) von einer Bewegung in z-Richtung überlagert wird.
3. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstelleinrichtungen (Vx, Vy) tangential am äußeren Rand der Exzenterbüchsen (5, 6) angreifen.
4. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstelleinrichtungen (Vx, Vy, Vz) mechanisch, elektrisch oder hydraulisch antreibbar sind.
5. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstelleinrichtungen (Vx, Vy) aus achsparallel

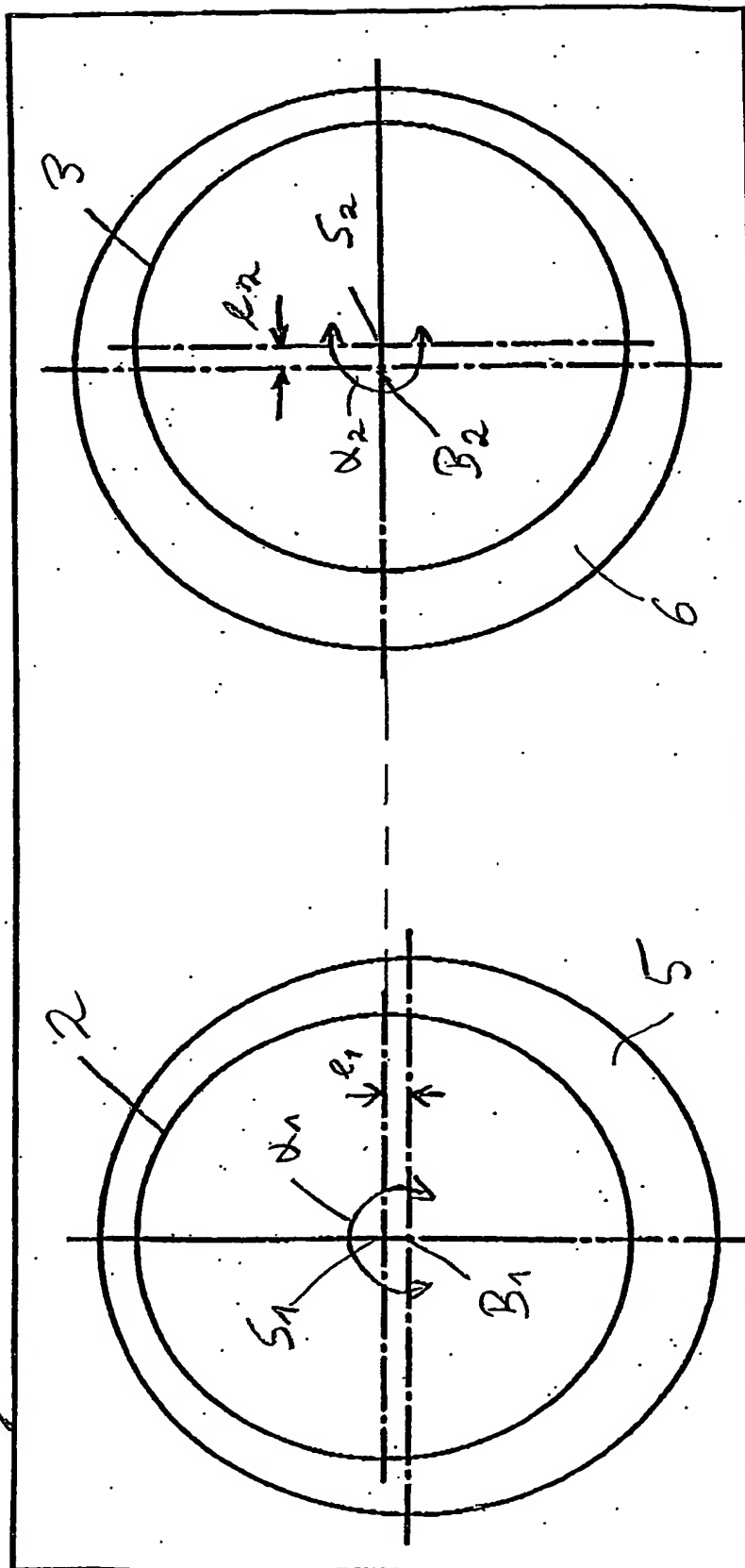
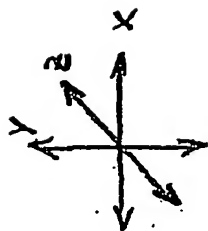
zur Spindelachse angeordneten Haltebolzen (10) und daran angreifenden Nutblöcken (11) bestehen, die von Verstellzylindern (12) betätigt werden.

- 5 6. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche **gekennzeichnet durch** ein Messsystem (15) zur Erfassung des Verstellweges der an den Verstellzylindern (12) angeordneten Nutblöcke (11).
- 10 7. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verstellweg in x-, y-Richtung im Bereich von 0,1 bis 0,5 mm und in z-Richtung im Bereich von 0,8 bis 5 mm liegt.
8. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstellung mit einer Genauigkeit von $< 1 \mu\text{m}$ regelbar ist.

Zusammenfassung:

- Die Erfindung betrifft eine Werkzeugmaschine zur insbesondere synchronen, spanenden Bearbeitung von Werkstücken mit
- 5 zwei oder mehreren, parallel nebeneinander in einer Bearbeitungseinheit angeordneten Spindeleinheiten (2, 3) zur Aufnahme von Werkzeugen und Verstelleinrichtungen zur Feineinstellung der Position der Spindeleinheiten (2, 3) zueinander, vorzugsweise in allen drei Richtungen x, y und z des rechtwinkligen Koordinatensystems innerhalb der Bearbeitungseinheit (4).
- 10 Die Erfindung besteht darin, die Verstelleinrichtungen für mindestens eine der Spindeleinheiten (2, 3) zumindest in einer x- und/oder y-Richtung aus einer um eine zentrale Achse (B1, B2) drehbaren und arretierbaren Exzenterbüchse (5, 6) besteht, in der die Spindeleinheiten (2, 3) achsparallel zur zentralen Achse (B1, B2) exzentrisch gelagert sind.
- 15 Der Zusammenfassung ist die Fig. 1 beizufügen.

Fig. 1

Fig. 1

